

**SONAGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN
BEI NORMALER STIMME
UND KÜNSTLICH GESCHLOSSEMEM NÄSELN**

von
Klaus Ewald
aus
Nördlingen

1973 № 245

Aus der Phoniatischen und Pädaudiologischen Abteilung
der Klinik für Hals- Nasen- und Ohrenkrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. M. E. Wigand

SONAGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN BEI NORMALER STIMME UND KÜNSTLICH GESCHLOSSENEM NÄSELN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Klaus Ewald

aus

Nördlingen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät

der Universität Erlangen-Nürnberg

SONDIERENDE UNTERSUCHUNGEN
BEI NORMALER STIMME
UND KÜNSTLICH GESCHLOSSENEM RASSEN

INSTITUT FÜR
PHONOLOGIE UND
PHONETIK
LEHRSTUHL FÜR
PHONOLOGIE UND
PHONETIK
VERGLEICHENDE
PHONOLOGIE



Dekan: Professor Dr. Dr. H. Pauly

Referent: Professor Dr. G. Kittel

Korreferent: Professor Dr. M.E. Wigand

Tag der mündlichen Prüfung: 29. Mai 1973

Händiges

Herrn Prof. Dr. G. Kittel gilt mein Dank
für die freundliche Überlassung des The-
mas, für die wertvollen Hinweise und die
Unterstützung, die mir bei der Ausführung
dieser Arbeit zuteil wurden.

Auch danke ich Herrn Dipl.Ing. M. Moser
und allen Versuchspersonen, die mir bei
meiner Arbeit behilflich waren.

1. Einleitung	1
2. Die Entstehung der Kunst	2
3. Die Entwicklung der Kunst	3
4. Die Kunst der Antike	4
5. Die Kunst des Mittelalters	5
6. Die Kunst der Renaissance	6
7. Die Kunst des Barock	7
8. Die Kunst des 18. Jahrhunderts	8
9. Die Kunst des 19. Jahrhunderts	9
10. Die Kunst des 20. Jahrhunderts	10

MEINEN ELTERN

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

11. Die Kunst des 21. Jahrhunderts	11
12. Die Kunst der Zukunft	12
13. Die Kunst der Gegenwart	13
14. Die Kunst der Vergangenheit	14
15. Die Kunst der Zukunft	15
16. Die Kunst der Gegenwart	16
17. Die Kunst der Vergangenheit	17
18. Die Kunst der Zukunft	18
19. Die Kunst der Gegenwart	19
20. Die Kunst der Vergangenheit	20

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Einleitung	1
B. Literatur	2
I. Stimmerzeugung	2
1) Geschichtlicher Hintergrund	2
2) Stimmerzeugungstheorien	3
3) Das Regelverhalten bei der Stimmgebung	5
II. Sprachstörungen	6
1) Normal	6
2) Genäselt	7
3) Funktionell offen nasaliert	7
4) Nasaliert infolge eines Oberkieferdefektes	7
5) Geschlossenes Näseln	8
6) Gemischt nasaliert	8
III. Verfahren der Stimmregistrierung	8
1) Tonfrequenzspektrometer	8
2) Suchtonverfahren	9
3) Visible-Speech-Verfahren	10
C. Material	11
1) Allgemeines	11
2) Beschreibung des verwendeten Materials	11
3) Verwendete Apparaturen	12
D. Methodik	15
E. Ergebnisse	17
F. Diskussion	18
G. Zusammenfassung	23
H. Anhang	24
I. Literaturangabe	35

A. EINLEITUNG

Die letzten Jahrzehnte haben in der Schaffung von technischen Hilfsmitteln gewaltige Fortschritte gezeitigt und der Wissenschaft Mittel in die Hand gegeben, die gewisse neue Erkenntnisse erst ermöglicht haben. Speziell die Phoniatrie nahm in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung zu, je ausgereifter die eingesetzten Geräte wurden, d.h. je geringer die Fehlerwerte gehalten wurden.

Hier nun soll die Frage geklärt werden, wie sich künstlich geschlossenes Näseln sonagraphisch darstellt. In dieser Arbeit wird das Frequenzspektrum im Bereich bis 8000 Hz untersucht. Nach Meyer-Eppler ist die sonagraphische Auswertung den Selektivitätseigenschaften des menschlichen Ohres zwar nur bedingt äquivalent, doch ist sie die heute geläufigste Methode, mit der Aussagen für eine objektive Klanganalyse gewonnen werden können. Die Versuche wurden in der für die Versuchspersonen eigenen Grundtonhöhe durchgeführt.

B. LITERATUR

I. Stimmerzeugung

1) Geschichtlicher Hintergrund (15)

Das uns überlieferte naturwissenschaftlich-medizinische Schrifttum der Antike zeigt, daß die menschliche Stimme als medizinisches und physikalisches Phänomen zu vielfältigen Überlegungen Anlaß gab. Die frühen Ärzte waren bemüht, mit einfachen Vergleichen so schwierige Funktionen wie die menschliche Stimme sie leistet, zu veranschaulichen. So verglich der pergamenische Arzt CLAUDIUS GALENUS bekanntlich die menschliche Stimme mit der Zunge einer Flöte.

Die von LEIBNIZ inaugurierte Systematik in der wissenschaftlichen Forschung fand dann auch seine Anwendung in der Stimmphysiologie. Waren die Forschungen durch das ganze frühe und späte Mittelalter hindurch am leblosen Organismus erfolgt, so wies das Zeitalter der Aufklärung der Forschung den Weg zum lebenden Organismus.

Mit den Untersuchungen des Pariser Chirurgen ANTOINE FERRAR schlug die eigentliche Geburtsstunde exakter stimmphysiologischer Untersuchungen. Aus der Fülle experimenteller Arbeiten in der Nachfolge Ferrars sind die Untersuchungen des Berliner Physiologen JOHANNES MÜLLER und vor allem diejenigen MANUEL GARCIA's zu nennen.

GARCIA konnte als Erster mit Hilfe eines Spiegels die Bewe-

gungen der Stimmlippen beobachten. Mit der Modifizierung des TÜRCK'schen Spiegels durch den Prager Physiologen CERMAK - auf ihn geht der Begriff der "Laryngologie" zurück - war für die Forschung ein wertvolles Hilfsmittel gegeben, und es konnten dann die ersten sinnvollen Theorien zur Stimmerzeugung aufgestellt werden.

2) Stimmerzeugungstheorien (15)

Die Entstehung des Tones im Kehlkopf kann also heute folgendermaßen betrachtet werden: Der Kehlkopf wird als selbstgesteuertes Vibrationssystem angesehen, das einen Dämpfungsfaktor hat und durch den Druck unterhalb der Stimmritze in erzwungene Schwingung gehalten wird. Die Luft unterhalb der Stimmritze unterliegt Druckschwankungen zu Beginn und am Ende jeder Schwingung, entsprechend dem Öffnen und Schließen der Stimmlippen. Veränderungen der Stimmlippenstellung werden durch die vom Nervensystem (Rekurrensfunktion) gesteuerte, wachsende Spannung und Starrheit des Stimmlippenmuskels für die hohen und höchsten Töne zustande gebracht.

a) Die klassische musculo-elastische Theorie

Die klassische Theorie erklärt die Stimmerzeugung damit, daß die Stimmlippen ein selbstgesteuertes Vibrationssystem bilden. Dazu bewies BERNOULLI in seinen Versuchsreihen das Auseinandertreiben und Zusammenführen der Stimmlippen durch einen bestimmten Druck, wobei das ZNS die elastischen Stimmlippen einstellt.

LINDEMANN sieht den N. laryngeus cranialis als die wahrscheinliche afferente Bahn eines propriozeptiven Reflexes an, der den N. laryngeus caudalis als die efferente Bahn beansprucht. Durch einen Selbstversuch wollte dies R. HUSSON 1950 bestätigen. Nach Cocainisation seines Kehlkopfes war die Bildung der Kopfstimme nicht mehr möglich, das sogenannte "vorwiegend gedeckte" Singen gelang nur mühsam. Außerdem fand der kontrollierende Laryngologe, Dr. E. GARDE, gewisse Einschränkungen der Stimmlippenschwingungen.

K. PAULSEN, 1958, spricht dagegen nur von einer Kontrolle des Spannungszustandes der Muskelspindeln. Er glaubt, aus den besonders spärlichen Vorkommen von Muskelspindeln der inneren Kehlkopfmuskeln schließen zu können, daß die Phonation sogar besser und exakter ohne die Rezeptoren ablaufen kann. Über einen polysynaptischen Reflexbogen können die Vorgänge im Larynxbereich kontrollierend und regelnd durch die häufig vorkommenden Kehlkopfschleimhautrezeptoren beeinflußt werden.

b) Die neuro-chronaxische Theorie

Der heute herrschenden musculo-elastischen Erklärung gegenüber hat R. HUSSON (1950) seine "neuro-chronaxische Theorie" aufgestellt, welche die Kehlkopfinnervation hervorhebt. Er nimmt an, daß es sich über den N. recurrens um erzwungene Schwingungen handelt. Bedingt durch die Arbeiten (B. VALLANCIEN, DUNKER und B. SCHLOSSHAUER) für die Ablehnung dieser Theorie hat die funktionelle Forschung der Laryngologie einen mächtigen Auftrieb erfahren.

3) Das Regelverhalten bei der Stimmgebung

In der Natur der menschlichen Sprache liegt es, daß die Parameter Tonhöhe, Lautstärke und Klangfarbe nicht konstant gehalten werden können. Der Grund ist die selbständige Regelung der organischen Gebilde bei der Stimmgebung.

Allgemein kann man unterscheiden:

a) Betriebsdruckregelung

Der Betriebsdruck an der Glottis schwankt beim ruhigen Sprechen sowie beim Schreien gering. LADEFOGED ermittelte in seinen Versuchen eine durchschnittliche Druckerhöhung von 2 - 9 cm Wassersäule, Spitzenwerte lagen bei höchstens 30 cm. Der Grund liegt in der Regelung, die durch die auxiliären Atemmuskeln erfolgt.

b) Der mechanische - pneumatische Regelkreis

Mit ihm werden im Glottisbereich Luftschwankungen mit Hilfe von histologisch nachweisbaren Rezeptoren kontrolliert.

c) Der cochleo - recurrentielle Regelkreis (13)

Dieser Regelkreis erfaßt die auditive Kontrolle des Gesanges bzw. gesprochenen Wortes. Man erkennt auch hier den Einfluß der Steuerung (siehe nächster Absatz), da die organischen Kräfte zu Beginn noch nicht für selbsttätige Regelung ausreichen.

d) Wille oder Regelung bei Lautproduktion (13)

Bewußte Vorgänge unterliegen einem Willen, unbewußte dagegen einer Regelung. Beim Sprechen handelt es sich z.B. um eine Regelung, da die Phonation fast vollständig unbewußt geschieht. Im Gegensatz dazu steht das Singen, ein bewußtes Verhalten,

bei dem eine gezielte Phonation, also einen Willen, gekoppelt mit einer Regelung, beobachten kann. Es ist also schwer möglich, bewußte und unbewußte Handlungen voneinander zu trennen. Immer erleben wir kombinierte Prozesse.

II. Sprachstörungen (2c)

Um die Ergebnisse dieser Versuche klar darstellen zu können, bedarf es zunächst einer Differentialdefinition der Begriffe "nicht genäselt", "genäselt", "funktionell offen nasaliert", "nasaliert infolge eines Oberkieferdefektes" und "gemischt nasaliert".

Die expiratorische Windkesselfunktion der Lunge, das Vibrations-system der Stimmlippen als Tongenerator und das Ansatzrohr, bestehend als Schlund-, Mund- und Nasenhöhle, sind bei der Phonation als eine funktionelle Einheit zu betrachten. Die Formung der einzelnen Laute erfolgt in der Mundhöhle durch Zunge, Gaumensegel, Zahn-, Lippen- und Unterkieferstellungen.

Für die Stimmgebung ist in erster Linie der Kehlkopf mit den Stimmlippen wichtig, der anatomisch gesehen eine unmittelbare Fortsetzung der Trachea nach oben darstellt. Bei der Stimmgebung ist anfangs die Stimmritze fest verschlossen, anschließend erfolgt durch den expiratorischen Atemstrom die Sprengung des Stimmlippenverschlusses. Das primäre Stimmgeräusch wird in den supraglottischen Bezirken und in Hypo-, Meso- sowie Epipharynx und im Bereich der Mund- und Nasenhöhle zu den Vokalen und stimmhaften Konsonanten geformt. Deshalb bezeichnete HELMHOLTZ (9) in seiner "Resonanztheorie" die Mund-, Rachen- und Nasenhöhle als ein System gekoppelter Resonatoren.

Beim Näseln handelt es sich um eine Veränderung des Stimmklanges. Es erscheint in offener, geschlossener und gemischter Form. Nach der Definition von KUSSMAUL ist beim Näseln die Nase offen, wenn sie geschlossen sein sollte, und geschlossen, wenn sie offen sein sollte. Im ersteren Fall wird von einem offenen, in letzterem von einem geschlossenen Näseln gesprochen. Seltener kommt die gemischte Form vor, bei der beide Arten gleichzeitig auftreten.

Beim funktionellen offenen Näseln handelt es sich dagegen um eine funktionelle, artikulatorische Fehlhaltung des Gaumensegels, wodurch aber nur die Bildung der Vokale beeinträchtigt wird. Schwerwiegender dagegen ist eine organische Gaumensegellähmung, bei der eine krankhafte, nasale Resonanz der Vokale auftritt und darüber hinaus schnarrende und schnüffelnde Beiklänge der vorderen Konsonanten. Zisch- und Reibelauten (f, w, ch) werden durch ein endonasales Geräusch gestört, Explosivlaute (p, b, t, d, k, g) klingen unscharf.

Die angeborene Verkürzung des weichen Gaumens beruht nach den Beschreibungen von ŠEDLAČKOVÁ (1955) auf einer Entwicklungsstörung durch Einwirkung einer exogenen Noxe in den ersten zwei Embryonalmonaten. Normalerweise beträgt das Längenverhältnis von hartem und weichem Gaumen 2 : 1, hier kann es aber zu Verschiebungen von 4 : 1 kommen (17).

Seltener tritt die "submuköse Gaumenspalte" auf, die durch das unvollständige Zusammenwachsen der hinteren Gaumenanteile entsteht. Solche Defekte, mehr aber noch die Mißbildungen einzelner Organteile der Mundhöhle, führen zu Ausfallerscheinungen in der Lautbildung und zu Veränderungen des Stimmklanges.

Die stärksten Ausfälle treten bei Gaumendefekten auf, die man einmal

in postalveoläre Spalten (Spalte des harten und weichen Gaumens) und in durchgehende Lippen-Kiefer-Gaumenspalten unterteilt. Die beiden letzteren sind von der isolierten Spalte des weichen Gaumens (Velumspalte) zu unterscheiden.

Beim geschlossenen Näsels haben wir einen partiellen oder totalen Verschluß der Nase oder des Nasenrachens, wodurch die Nasallaute m, n und ng während des Sprechens nicht in die Nase gelangen. Dies verursacht eine verminderte Nasenresonanz dieser Laute, da sie nicht durch die Nase entweichen können. Durch eine funktionell bedingte Gaumensegelerkrankung mit gleichzeitiger Verlegung der Nasenwege oder des Nasenrachens tritt eine Kombination des offenen und geschlossenen Näsels in Form des gemischten Näsels auf.

III. Verfahren der Stimmregistrierung (Akustik)

Einen außerordentlichen Fortschritt für die moderne Elektroakustik bedeutet es, als es gelang, Methoden zu entwickeln, die automatisch und in einem geringen Zeitraum eine Klanganalyse von großer Genauigkeit liefern.

So wäre einmal das Tonfrequenzspektrometer (21) zu nennen. Hier bedient man sich einer Braun'schen Röhre, auf deren fluoreszieren-dem Schirm ein optisches Bild gleichzeitig mit dem Originalklang entsteht. Die Partialtonfrequenzen erscheinen auf der Abszisse, die Amplitudengrößen auf der Ordinate eines Koordinatensystems. Je nach Gerät findet die Analyse in einem Frequenzbereich von einer Viertel- bzw. Drittel-Oktave statt. Für die speziellen Abstufungen

sind die Filter noch recht groß und die Auswertung einer gefilterten, fortlaufenden Klanganalyse ist umständlich und nicht ganz zweifelsfrei.

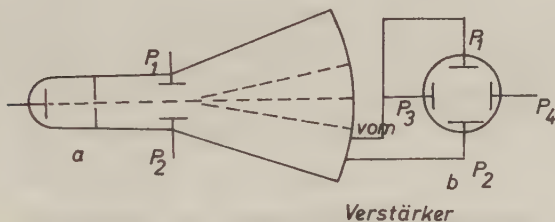
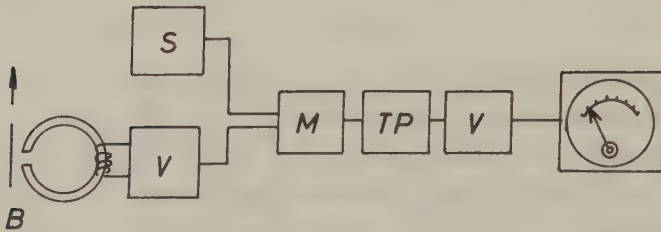


Abb. 1 : Elektronenstrahlröhre stark vereinfacht, zur oszillographischen Sichtbarmachung von Schwingungsvorgängen $P_1 - P_2 - P_3 - P_4$ Ablenkplattenpaare zur Darstellung der Zeit- bzw. Amplitudenkoordinate
 a = Strahlengang b = Querschnitt der Röhre

Als zweites wäre das Suchtonverfahren (14) zu erwähnen, bei dem elektroakustisch ein "Suchton" erzeugt wird, der den zu analysierenden Klang im Frequenzbereich $0 - 16\,000$ Hz abtastet. Trifft der Suchton den Bereich eines harmonischen Tones, so schlägt ein Galvanometer aus. Auf diese Art kann eine Aussage über den betreffenden Teilton getroffen werden, da sich der Ausschlag des Galvanometers proportional zur Intensität desselben verhält.

Abb. 2 : Schaltung des Suchtonanalysators (nach Grützmacher)



M = Modulator, TP = Tiefpaß, V = Verstärker

S = Schwebungssummeer, B = Magnetband, H = Hörkopf

Als drittes wäre das Visible-Speechverfahren anzuführen, das von R.K. POTTER und seinen Mitarbeitern entwickelt wurde (16). Diese sonographische Analysermethode, die beste und genaueste zur Zeit, vermittelt einen optimalen Überblick über den Frequenzaufbau der normalen und krankhaften Sprache, da neben der Frequenz und Amplitude der Zeitfaktor berücksichtigt wird. Eine genaue Ermittlung des Amplitudenmaximums wird mit Hilfe des Voiceprint-Verfahrens erreicht. Letzteres wurde so weiter entwickelt, daß Flächen gleicher Schwärzung eine gleiche Amplitudengröße bedeuten, wobei das Maximum im Zentrum jener Fläche mit der größten Schwärzung liegt.

C. MATERIAL

1) Allgemeines

Die Aufnahmen gliedern sich in die folgenden Versuchsreihen auf:

- | | | |
|-----|--------------------------------|--------------|
| a) | Normale Stimme | 80 - 8000 Hz |
| aa) | dieselbe Aufnahme gedehnt | 80 - 5000 Hz |
| b) | Künstlich geschlossenes Näseln | 80 - 8000 Hz |
| bb) | dieselbe Aufnahme gedehnt | 80 - 5000 Hz |

Ausgewertet werden speziell die gedehnten Sonagramme bis 5000 Hz, da die Charakteristik der Sprache in diesem Frequenzbereich liegt und besonders deutlich dargestellt wird. Die Sonagramme der ersten 2 Versuchsreihen zeigen den Testsatz: "Das Maiglöckchen blüht weiß". Die Analyse der 3. und 4. Versuchsreihe zeigen die Testworte: "Meinung - Nonnumquam". Außerdem gliedern sich die Versuchspersonen auf in:

- a) 15 Frauen
- b) 25 Männer
- c) 10 Kinder (vor dem Stimmbruch)

2) Beschreibung des verwendeten Materials

Das von der Fa. Kay Electric Comp. hergestellte Sonagrammpapier besteht aus einem geschwärzten Papier, das mit einer weißen Wachsschicht beschickt und für elektrische Spannungen empfindlich ist. Mit einem Schreibstichel als Elektrode wird die

Energie, die das Suchfilter passiert, dem Papier zugeleitet. Der Strom, der am Ausgang des Suchtonanalysators auftritt und der jeweiligen Spektralintensität proportional ist, brennt den hellen Überzug weg, so daß die dunkle Unterlage um so deutlicher hervortritt, je größer die spektrale Intensität ist. Darüber hinaus hat das einzelne Sonagramm eine dreidimensionale Darstellung, bei der in der Vertikalen die Frequenz, in der Horizontalen die Zeit und die Amplitude als stärkere Schwärzung abgebildet wird. Zur genaueren Auswertung kann man die einzelnen Frequenzbereiche dehnen; bei den vorliegenden Sonagrammen geschieht dies im Bereich 80 - 5000 Hz.

3) Verwendete Apparaturen

a) Der Sonagraph (17)

R.K. POTTER und Mitarbeiter führten das Visible-Speech-Verfahren ein, das von der Fa. Kay Electric Comp. Pine Brook, N.J., USA, weiter entwickelt wurde. Die verwendete Apparatur war der Sonagraph (siehe Abbildung 3, rechtes Gerät). Bei diesem Gerät wird mit Hilfe magnetischer Speicherung, trotz sukzessiver Analyse der verschiedenen Frequenzgebiete, ein kontinuierlich-simultanes Spektraldiagramm erhalten.

Dies geschieht folgendermaßen:

Ein Aufnahmekopf speichert die akustischen Signale auf den Mantel einer rotierenden Magnetscheibe. Die Stimme wird je nach gewünschter Auswertung, entweder bis 1,2 sec. oder bis 2,4 sec., aufgenommen. Wählt man eine Aufnahmedauer von 1,2 sec., so werden die Frequenzbereiche von 80 - 16000 Hz abgetastet, bei 2,4 sec. die Bereiche 80 - 8000 Hz. Ein während der Aufnahme

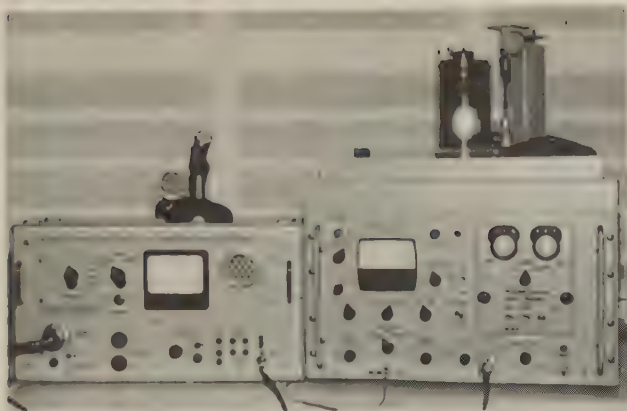


Abb. 3 : Rechtes Gerät: Sonograph der Fa. Kay Electric Corp.

Linkes Gerät : Lautpegelmesser der Fa. Rhode & Schwarz



Abb. 4 : Registrierteil des Sonographen

eingestellter Löschkopf verhindert eine ungewollte Überspielung, da nur ein einziger Schallvorgang auf der Magnetscheibe gespeichert werden kann. Die Aufzeichnung erfolgt dann mittels eines Suchtonanalysators, d.h. dem periodischen Abtasten der aufgenommenen Signale durch einen Hörkopf. Die Bandbreite des elektrischen Filters des Suchtonanalysators beträgt hierbei 45 Hz (narrow) oder 300 Hz (wide). Die Aufzeichnung selbst erfolgt mit 3,33-facher, erhöhter Geschwindigkeit gegenüber der Aufnahmegeschwindigkeit, was aber nur für die Analysierzeitverkürzung von Bedeutung ist. Eine die Papieroberfläche des auf der Trommel aufgelegten Sonagrammpapiers leicht berührende Elektrode brennt, entsprechend der Spektralintensität, die helle Wachsschicht mehr oder weniger weg.

Die Analyse geschieht mittels dieser Schreibelektrode und einer Schneckenspindel, auf der sich die Elektrode während der Aufzeichnung von unten nach oben bewegt.

b) Der Lautpegelmesser

Um bei jeder Versuchsperson dieselbe Lautstärke zu bekommen, wird ein Lautpegelmesser verwendet, eine Apparatur, bestehend aus Mikrophon, Verstärker und Pegelanzeigegerät mit einer Skala in Phon. In dieser Arbeit ein Gerät der Fa. Rhode & Schwarz.

D. METHODIK

1) Versuchsanordnung und Durchführung

Für die Versuche steht ein Sonagraph und ein Lautpegelmessers zur Verfügung (siehe Abbildung 3, 4). Die Lautsignale werden über ein Mikrophon auf die Magnetscheibe bei einer Aufnahmezeit von 2,4 Sekunden gespeichert. Während der Aufnahme soll eine mittlere Lautstärke von 75 Phon so gut wie möglich eingehalten werden. Da die normale Lautstärke bei Frauen und Kindern unter 70 Phon liegt, dagegen bei Männern über 80 Phon, müssen die jeweiligen Versuchspersonen vorher durch mehrmaliges Üben ihre Stimme eintrainieren, um den Satz dem Versuch angepaßt sprechen zu können.

Vor der Aufnahme wird das Gesprochene mittels eines Eichtones von 500 Hz kalibriert. Man muß nun eine Übersteuerung der Aufnahme durch eine gezielte Einstellung ausschalten, dann erst wird das Sonagrammpapier so auf die Trommel gelegt, daß der Eichton am Anfang und Schluß der Aufnahme erscheint, Letzteres ist eine große Erleichterung bei der Auswertung.

2) Aufnahmetechnik

WINCKEL (21) bevorzugte folgende Aufnahmetechnik, die auch bei diesen Versuchen eingehalten wurde:

a) Einhaltung der Sprechentfernung

Das Mikrophon wird 0,50 m vom Sprecher entfernt auf-

gestellt, da eine Verkleinerung des Abstandes eine Vergrößerung der Amplitude der tiefen Frequenzen mit sich bringen würde.

b) Lautstärke der Stimme

Sie muß bei allen Versuchspersonen möglichst gleich gehalten werden, da, was die Versuchsergebnisse zeigen, die Amplitude abhängig von der Lautstärke ist.

c) Camera Silens (9)

Darunter versteht man einen von HELMHOLTZ geforderten reflexionsarmen und nach außen isolierten Raum, der durch seine besondere Auskleidung die Sekundäranteile des Schalls, die sich durch Wandreflexion ergeben, größtenteils ausschaltet. Besondere Bedeutung bekommt dieser Raum durch Versuche von LUCHSINGER, WEISS, WINCKEL, HUSSON und BELUSSI, wonach schon in einem nur gering hallenden Raum die reflektierten Schwingungen direkt auf die schwingenden Stimmlippen einwirken, was den Obertongehalt eines konstanten Tones beeinflusst. WINCKEL stellt außerdem noch eine höhere Teiltonenergie bei Aufnahmen in einer Camera silens, im Gegensatz zu normal verkleideten Räumen, fest. Sämtliche bei dieser Arbeit zu machende Aufnahmen werden in einem derartig hergerichteten Raum aufgenommen. Natürlich sind bei diesen Versuchen nicht die idealen Bedingungen vorhanden, da auf Grund der Apparaturen selbst eine gewisse Reflexion erfolgt.

E. ERGEBNISSE

- 1) Bei künstlich geschlossenem Näseln fallen die harmonischen Töne bei den Nasallauten m und n weg.
- 2) Die Amplitude, die sich im Schwärzungsgrad eines Sonagrammes äußert, nimmt zu, d.h.
 - a) Die harmonischen Töne des genäselten Sonagrammes erscheinen im Vergleich zur normalen Stimme stärker geschwärzt.
 - b) Auf dem normalen Sonagramm nicht sichtbare harmonische Töne werden beim Näseln zusätzlich abgebildet.
- 3) Die meisten Probanden ändern unbewußt ihre Sprechtonhöhe bei den genäselten Aufnahmen.
- 4) Die Breite der Schwärzungen der harmonischen Töne wird beim Näseln vergrößert.

Die Ergebnisse stimmen bei Frauen, Männern und Kindern überein, so daß sich eine Einzelbeurteilung der verschiedenen Versuchspersonen erübrigt. Eine Mittelwertrechnung kann bei dieser Arbeit nicht getätigt werden, da die Versuchspersonen für sie eigene Grundtonfrequenzen aufwiesen.

F. DISKUSSION

Bei der Beurteilung werden die gewonnenen Sonagramme der normalen Sprache in Relation zu der genäselten Sprache von einer Versuchsperson gebracht. Es sollen sich daraus ergebende, sichtbare Unterschiede erarbeitet werden, da eine derartige Untersuchungsreihe noch nicht durchgeführt wurde.

Die Sprachmelodie, die sich im Verlaufe eines gesprochenen Satzes ergibt, äußert sich auf den Sonagrammen in den veränderlichen Abständen der abgebildeten harmonischen Töne. FOURIER hat diese Erscheinung in mathematischen Formeln zum Ausdruck gebracht, wonach die Zahl der harmonischen Töne von der Tonhöhe abhängig ist. Diese Erscheinung ist unabhängig von der sprechenden Person, also eine reine Funktion der Frequenz. Da jeder Sprecher eine ihm eigene Sprechtonhöhe besitzt, wird aus den vorliegenden Sonagrammen klar ersichtlich, daß der Abstand der harmonischen Töne abhängig ist von der gesprochenen Grundfrequenz. Dieser Ab-

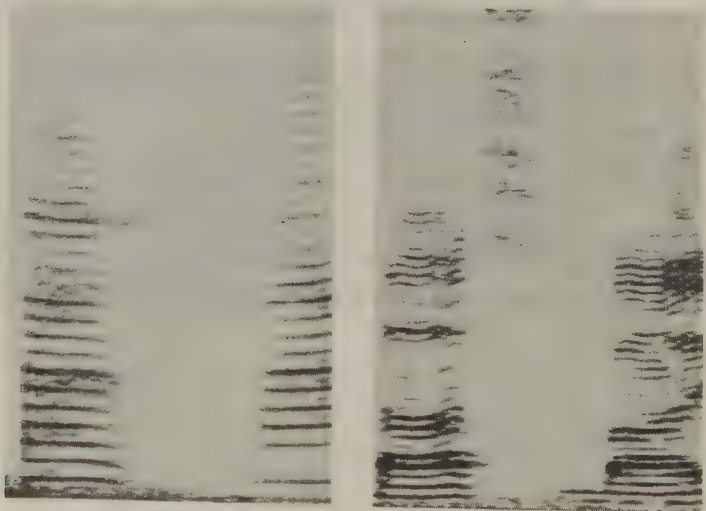


Abb. 5 : Frauenstimme

Männerstimme

stand verhält sich direkt proportional zur Sprechtonhöhe, d.h. die Sonagramme von Frauen und Kindern weisen im Gegensatz zu den tiefen Männerstimmen einen größeren Abstand auf (siehe Abb. 5).

Eine kurzfristige Tonänderung, wie sie ein normaler Sprachfluß aufweist, um die Stimme ausdrucksvoll klingen zu lassen, ergibt spektralanalytisch eine Frequenzänderung, die abhängig von den Obertonfrequenzen ist (ZWICKER/FELDKELLER). Diese Beobachtung kann man bei allen Sonagrammen machen (siehe Abbildungen 13 - 19).

Im Verlaufe eines gesprochenen Satzes ändert sich nicht nur die Tonhöhe, sondern auch die Lautstärke, die zu einer Änderung der Ampli-

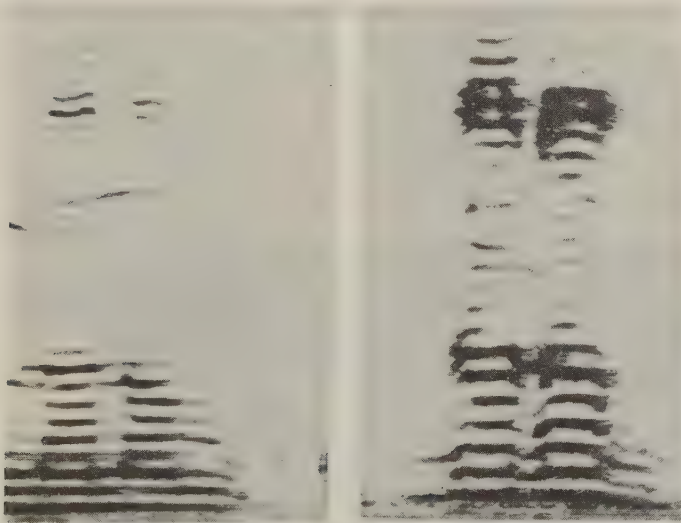


Abb. 6 : Männerstimme
links: normal gesprochen rechts: künstlich geschlossenes
Näseln
Vokale "o" und "u" in dem Wort "nonnumquam"

tude entsprechend der Sprachmelodie führt. Weiterhin tritt eine Änderung der Amplitude auch beim künstlich geschlossenen Näseln auf. Das führt einerseits zu einer verstärkten Schwärzung der bereits abgebildeten harmonischen Töne, andererseits kommen im Sonagramm neu auftretende Obertöne hinzu. Diese Erscheinung beruht auf der Tatsache der verstärkten Resonanz des Nasenrachens und des Knochenmassivs des Gesichtsschädels beim künstlich geschlossenem Näseln (siehe Abb.6). Beim hinteren geschlossenen Näseln dagegen bewirkt ein Fehlen der physiologischen Nasenresonanz eine Intensitätsreduktion (2c).

In dieser Versuchsreihe wird jedoch nur das künstlich geschlossene Näseln untersucht, das durch den Verschluß der *aperturae nasales* mit Hilfe einer Nasenklammer hervorgerufen wird. Da dieser Eingriff den physiologischen Hauptresonanzraum nicht verkleinert, kann kein Intensitätsrückgang der harmonischen Töne verzeichnet werden; es werden im Gegenteil die Amplituden verstärkt. Erklärung könnte sein, daß im vorliegenden Falle kein Energieverlust auftritt, der normalerweise durch die Abstrahlung durch die *aperturae nasales* gegeben ist.

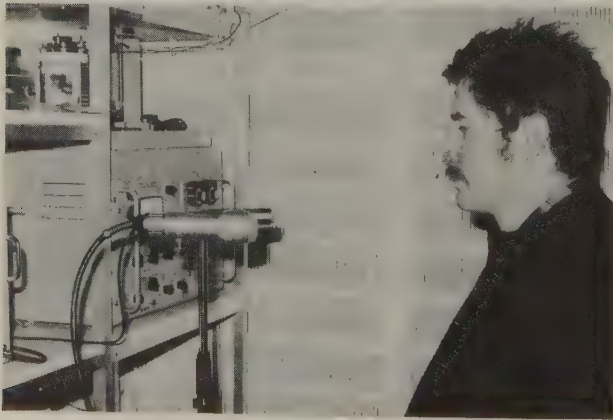


Abb. 7 : Versuchsperson mit Nasenklammer

Als eine mathematisch nicht auswertbare Tatsache, da die Sprache während der Aufzeichnung ihre Tonhöhe nicht beibehält, stellt man beim künstlich geschlossenen Näseln eine Vergrößerung der Breite der harmonischen Töne fest. Dasselbe stellt H. BAUER (2b) fest. Zusätzlich ist außerdem die Bandbreite von ihrer Lage im Formantbereich abhängig (20).



Abb. 8 : Männerstimme

links: normal gesprochen

rechts: künstlich geschlossenes Näseln

Als Charakteristikum des künstlich geschlossenen vorderen Näsels kann man den Wegfall der harmonischen Töne bei den Nasallauten m, n und ng ansehen. Die Ursache liegt darin, daß die Abstrahlung durch die Nase nicht erfolgen kann (siehe Abb. 8 - 13). Bedingt durch die verschiedenartige Stimmkraft der einzelnen Versuchspersonen tritt dieses Phänomen bei Frauen und Kindern deutlicher hervor als bei den männlichen Probanden. Die physikalische Analyse mittels eines Sonagraphen läßt einen deutlichen Unterschied zwischen dem geschlossenen Näsels und dem künstlich geschlossenen Näsels erkennen. Dieses Erkenntnis könnte sogar für die Kriminalogie von Wichtigkeit sein, um eine derart verstellte Stimme als solche nachzuweisen.

G. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit sonographischen Untersuchungen der normalen Stimme und bei künstlich geschlossenem Näseln.

In der Versuchsanordnung der Klanganalyse wird darauf geachtet, die Fehlerquellen in der Beurteilung der Klangspektren durch die Einheitlichkeit des Schallpegels, Abstand zum Mikrophon, des Sprachsignals, Einstellung der Apparatur und mittels einer Camera silens möglichst niedrig zu halten.

Bei den Untersuchungen stellten sich 15 Frauen, 25 Männer und 10 Kinder, letztere alle vor dem Stimmbruch, zur Verfügung.

Die Ergebnisse sind folgende:

- 1) Bei geschlossenem Näseln fallen die harmonischen Töne bei den Nasallauten "m" und "n" weg.
- 2) Die Amplitude, die sich im Schwärzungsgrad eines Sonagramms äußert, nimmt zu und zwar:
 - a) Die harmonischen Töne des genäselten Sonagrammes erscheinen im Vergleich zur normalen Stimme stärker geschwärzt.
 - b) Auf dem normalen Sonagramm nicht sichtbare, harmonische Töne werden beim Näseln zusätzlich abgebildet.
- 3) Die meisten Versuchspersonen ändern unbewußt ihre Sprechtonhöhe während der Aufnahmen mit künstlichem Nasenverschluß.
- 4) Die Breite der harmonischen Töne wird beim künstlich geschlossenen Näseln vergrößert.

H. ANHANG



M E I N U N G

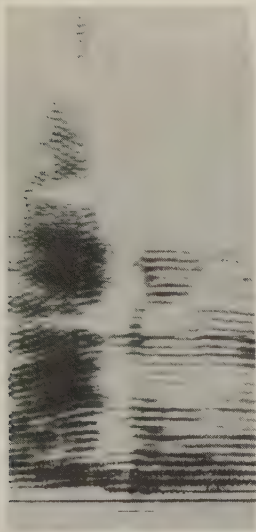
M E I N U N G

Abb. 9 : Sonagraphische Analyse des Testwortes "Meinung"

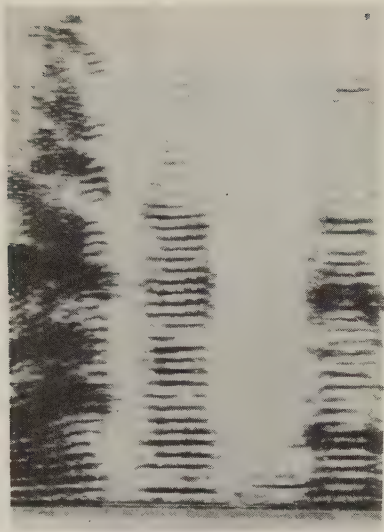
Links: Männerstimme, normal gesprochen

Rechts: Dieselbe Stimme,
künstlich geschlossenes Näseln

Beide Aufnahmen nicht gedehnt



ME I N U N G N O N



ME I N U N G N O N

Abb. 10 : Sonographische Analyse einer Männerstimme

Links: normal gesprochen

Rechts: künstlich geschlossenes Näseln

Beide Aufnahmen nicht gedehnt

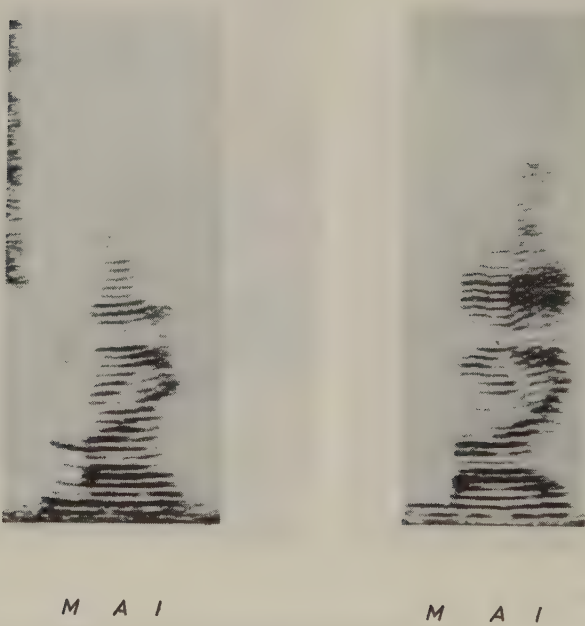


Abb. 11 : Sonographische Analyse einer Männerstimme

Links: normal gesprochen

Rechts: künstlich geschlossenes Näseln

Beide Aufnahmen nicht gedehnt

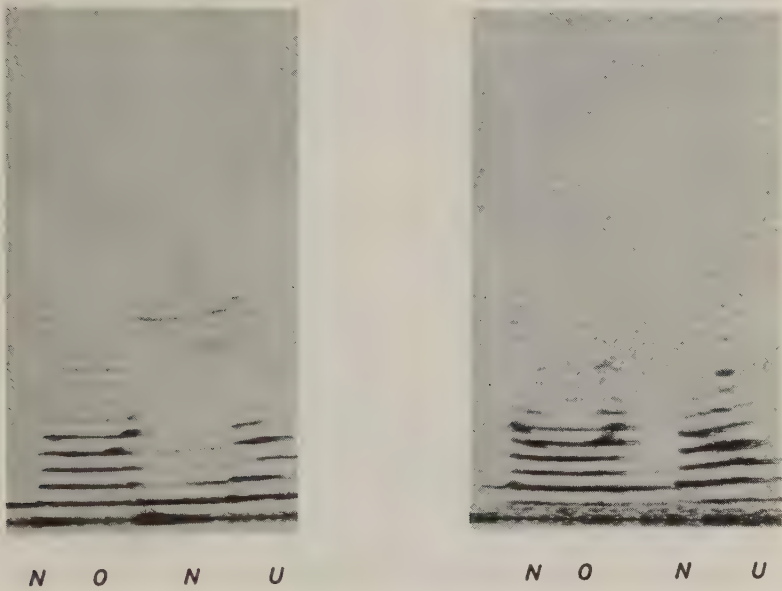


Abb. 12 : Sonagraphische Analyse des Wortes "nonu"

Oben: Frauenstimme, normal gesprochen

Unten: Dieselbe Stimme,
künstlich geschlossenes Näseln

Beide Aufnahmen nicht gedehnt

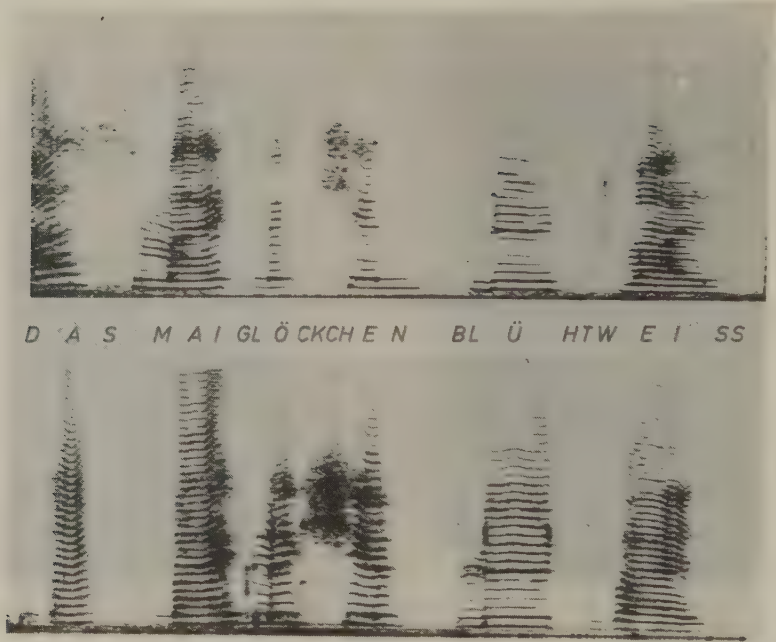


Abb. 13 : Sonographische Analyse des Testsatzes: "Das Mai-glöckchen blüht weiß"

- Oben: Frauenstimme, normal gesprochen,
Aufnahme nicht gedehnt
- Unten: Dieselbe Frauenstimme, künstlich ge-
schlossenes Näseln, Aufnahme nicht gedehnt



Abb. 14 : Sonographische Analyse des Testsatzes: "Das Mai-glöckchen blüht weiß"

Oben: Frauenstimme, normal gesprochen,
Aufnahme gedehnt

Unten: Dieselbe Frauenstimme, künstlich geschlossenes Näseln, Aufnahme gedehnt

Dehnungsbereich bis 5000 Hz

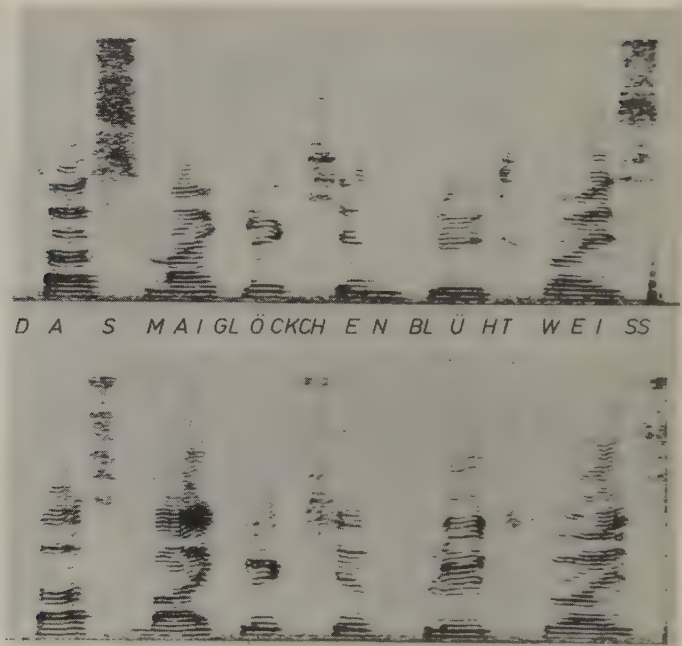


Abb. 15 : Sonographische Analyse des Testsatzes: "Das Maiglöckchen blüht weiß"

- Oben: Männerstimme, normal gesprochen,
Aufnahme nicht gedehnt
- Unten: Dieselbe Stimme, künstlich geschlossenes
Näseln, Aufnahme nicht gedehnt

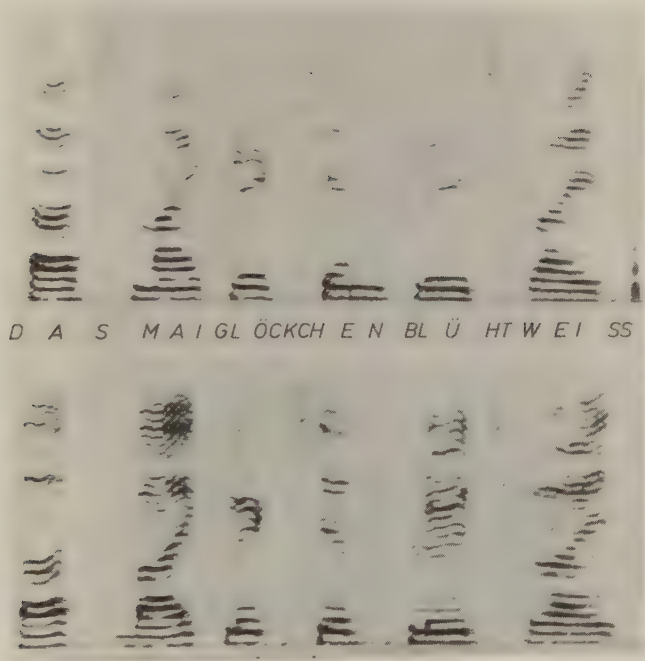


Abb. 16 : Gleicher Testsatz und gleiche Vp wie Abb. 15
Oben: Normal gesprochen, Aufnahme gedehnt
Unten: Künstlich geschlossenes Näseln,
 Aufnahme gedehnt
Dehnungsbereich bis 5000 Hz

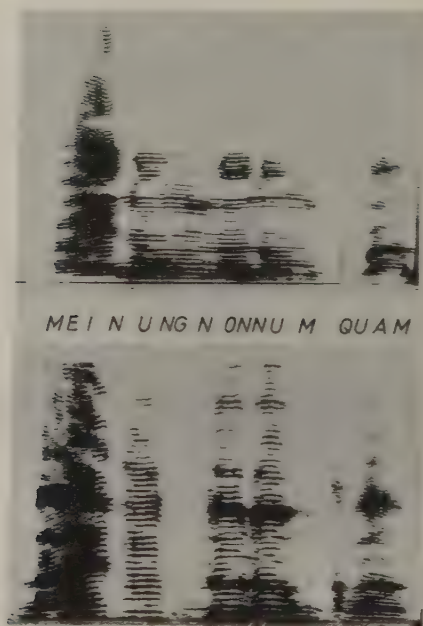


Abb. 17 : Sonagraphische Analyse der Testwörter: "Meinung, nonnumquam"

Oben: Männerstimme, normal gesprochen, Aufnahme nicht gedehnt

Unten: Dieselbe Stimme, künstlich geschlossenes Näseln, Aufnahme nicht gedehnt

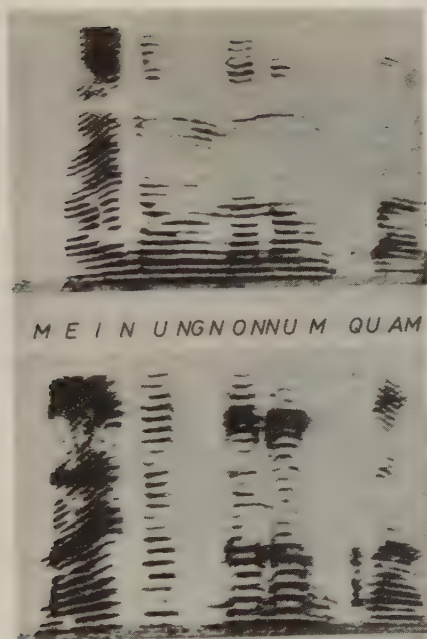


Abb. 18 : Gleiche Testwörter und gleiche Vp wie Abb. 17

Oben: Normal gesprochen, Aufnahme gedehnt

Unten: Künstlich geschlossenes Näseln,
Aufnahme gedehnt

Dehnungsbereich bis 5000 Hz

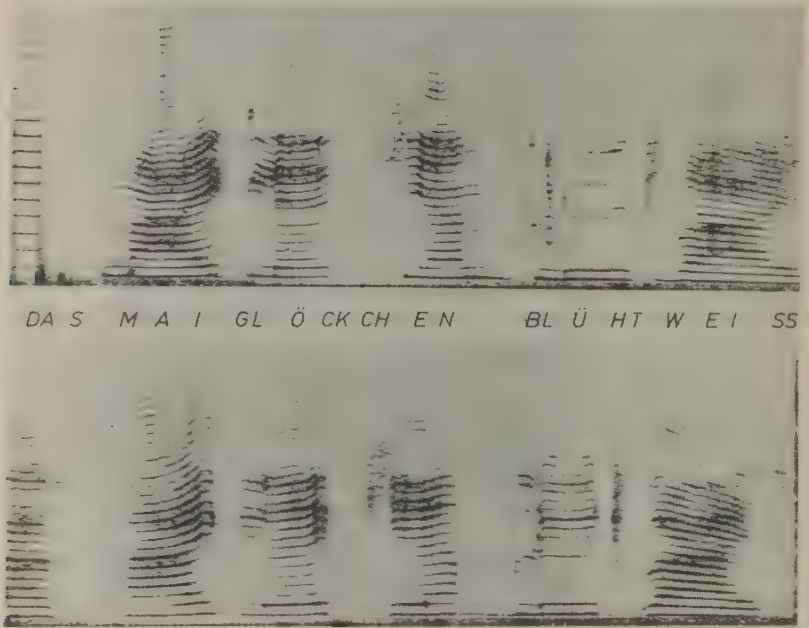


Abb. 19 : Sonographische Analyse des Testsatzes: "Das Mai-glöckchen blüht weiß"

Oben: Kinderstimme, normal gesprochen,
Aufnahme nicht gedehnt

Unten: Dieselbe Stimme, künstlich geschlossenes
Näseln, Aufnahme nicht gedehnt

I. LITERATURANGABE

- 1) Arnold, G.E.: Gaumenchirurgie und Sprachheilkunde.
Z. Stomat. 42 : 201-203 (1944)
- 2 a) Bauer, H.: Eine neue Methode zur logopädischen
Therapie der Rhinolalia aperta.
Folia phoniat. 21 : 426-432 (1969)
- b) Bauer, H.: Das Wesen der Nasalität als artikulatorisches und psycho-akustisches Problem.
Archiv Ohr. Nas.-Kehlk. Heilk.
182 : 655-659 (1963)
- c) Bauer, H.: Klanganalytische Untersuchungen fortlaufender sprachlicher Signale bei den verschiedenen Formen des Näsels.
Fortschritt der Medizin, 83.Jg.,
Nr. 10 : 409-413 (1965)
- d) Bauer, H.: Erblicher Subtotaldefekt des weichen Gaumens mit klanganalytischen Untersuchungen des offenen Näsels.
Fortschritt der Medizin, 83. Jg.,
Nr. 6 : 249-252 (1965)
- 3) Böhme, G.: Stimm-, Sprach- und Hörstörungen.
VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1969)
- 4) Chladni, E.F.F.: Entdeckungen über die Theorie des Klanges.
Leipzig 1787
- 5) Cremer, L.: Vorlesungen über Technische Akustik.
Springer Verlag Berlin, Heidelberg,
New York 1971
- 6) Fletcher, H.: Speech and Hearing, New York 1927
- 7) Früh, K.F.: Einfluß von Steuer- u. Regelvorgängen auf die Stimmgebung.
Neuere Ergebnisse der Kybernetik:
210-223

- 8) Habermann, G.: Neuere Untersuchungsmethoden des Kehlkopfes und der Stimme u. ihre prakt. Anwendung in Laryngologie u. Phoniatrie. Dtsch. med. J. 13 : 288-293 (1962)
- 9) Helmholtz, H. v.: Die Lehre von den Tonempfindungen. 6. Auflage, F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1913
- 10) Husson, R.: La voix chantée. Paris, Ganthier-Villars (1960)
- 11) Joos, M.: Acoustic Phonetics, Language 24, Nr.2, Suppl. 1948
- 12) Kussmaul, A.: Die Störungen der Sprache. 4. Auflage, F.C.W. Vogel, Leipzig 1910
- 13) Küpfmüller, K.: Regelvorgänge beim Sprechen und Hören. Proc. 3. Int. Kongr. Akustik: 171-187, Stuttgart 1959
- 14) Lottemoser, W., Grützmaker, M.: Über ein Verfahren einer trägheitsfreien Aufzeichnung von Melodiekurven. Akust. Z.: 242-248 (1937)
- 15) Luchsinger, R., u. Arnold, G.E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde. 2. Aufl., Springer (1959) Wien
- 16) Meyer-Eppler, W.: Experimentelle Untersuchungen zum Mechanismus von Stimmen u. Gehör in der lautsprachlichen Kommunikation. Forschungsbericht des Wirtschafts- u. Verkehrsministeriums Nordrh.-Westf. Westdeutscher Verlag, Köln
- 17) Potter, R.K., Green, H.C., Kopp, G.A.: Visible Speech. Van Nostrand Verlag, New York (1947)
- 18) Sédlačkova, E.: Insuffizienz des Gaumenverschlusses als Entwicklungsstörung. Cas. lék. čes. 94 : 1304-1307 (1955)
- 19) Van Den Berg, I.: Sur les théories myoélastiques et neuro-chronaxiques. Rev. Laryng. Nr. 5/6 (1954)

- 20) Weidl, K.: Sonographische Untersuchungen von Vokalen in Abhängigkeit von der Tonhöhe. Diss. 11, 72 Erlangen
- 21) Winkel, F.: Elektroakustische Untersuchungen an der menschl. Stimme. F. phoniatria, Berlin (1952)
- 22) Witterridge, D.,
Ladefoged, P.,
Draper, M.H.: Respiratory muscles in speech. J. Speech Res. 2 : 16-27 (1959)
- 23) Zwicker, E.,
Feldkeller, R.: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. Hirzel, Stuttgart 78 ff.

LEBENS LAUF

Name: Klaus Bernhard Ewald

Geboren am: 05. November 1944 in Nördlingen

Name der Eltern: Dr. med. Wilhelm Ewald
und Frau Hanna Ewald, geb. Schwidde

Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung: 1950-1954 Volksschule in Amberg
1954-1958 Humanistisches Gymnasium
in Amberg
1958-1961 Handelsschule in Amberg
1961-1965 Wirtschaftsoberrealschule
in Amberg

Wehrdienst: 1965-1967 Reserveoffizierslaufbahn

Studiengang: Studium der Tiermedizin im Winter-
halbjahr 1967/68 an der Universität
München (als Fachsemester anerkannt)
Studium der Zahnmedizin vom Sommer-
halbjahr 1968 bis zum Winterhalbjahr
1972/73 an der Universität Erlangen

Prüfungen: Abitur am 20. Juli 1965
Zahnärztliche Vorprüfung am 10. März 1970
Zahnärztliche Prüfung am 11. Sept. 1972

Beruf: Seit 1. Januar 1973 als Assistent bei
Dr. Ernst Mühlbauer in Plattling.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990